



トマトの低段密植栽培に対応した自動着果処理技術の開発

著者	黒崎 秀仁
発行年	2017
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2016
報告番号	12102甲第8136号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00147828

氏名	黒崎秀仁
学位の種類	博 士（農学）
学位記番号	博 甲 第 8136 号
学位授与年月日	平成 29年 3月 24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	トマトの低段密植栽培に対応した自動着果処理技術の開発

主査	筑波大学教授	農学博士	瀧川 具弘
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	野口 良造
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	トファエル アハメド
副査	筑波大学助教	博士(農学)	源川 拓磨

論 文 の 要 旨

近年、植物工場と呼ばれるような数 ha 規模の大規模温室が建造されている。特にトマトにおいては生産設備の刷新と栽培技術の進歩によって著しい収量向上の余地があるにも関わらず、作業の多くは未だに手作業であり、労働力の確保が問題となっている。一方、農業用収穫ロボットの研究では、トマトでは熟した果実のみを選択収穫する必要があり、作業能率が低下する課題が生じている。こうした問題を解決できる新たな手法として、ロボットに適した草姿を形成できる1段栽培の採用と、果房ごと果実を収穫して作業を高速化できる房どり収穫の自動化が提案されている。本論文では、トマトの房取り収穫自動化の前段階として、熟度の斉一化のために花房に着果ホルモン剤をスポット散布する着果処理ロボットの開発手法を明らかにすることを目的とした。

まず、著者は着果ホルモン剤とトマトの基本特性の調査を行い、これまで経験的に知られていた処理適期や噴霧量について検証し、3花以上が開花した花房を処理することで着果率のばらつきが軽減されること、および噴霧量4 mLで着果ホルモン剤の付着量が飽和することを明らかにした。さらに、1段栽培では積算気温で播種から1100℃・日で最初の着果処理適期を迎えた日に約80%の花房を処理できること、および最初の処理から3日後に2回目の着果処理を行うことで残りの花房を処理できることを示した。つぎに、画像処理により着果処理適期の開花花房を発見する手段について検討を行った。予備実験において、光源が不安定で影の影響を大きく受ける自然光下での画像処理は難しく、夜間にLED光源を用いるほうが安定して花卉を発見できることを示し、色相に閾値を設けて葉茎と花卉の分離を行った。処理適期の判定においては、画像処理によって花卉面積から開花数を判定する手法を検討し、主茎を軸として花房の方向をカメラ側に露出した±45°以内であれば、処理適期となる3花以上の開花花房を93%の正当率で識別可能な閾値を得た。QRコードで構成した標識を栽培ベッド下部に配置し、これをカメラで撮影して画像処理を行うことで温室内のロボットの位置を認識できるシステムを構築し、誤差±12 mm以内の精度でロボットの座標を得た。ロボット

の位置情報から算出した花房の絶対座標を記録し、照合することで最初の処理から最大6日が経過しても処理済みと未処理花房を識別できることが確認され、重複処理を回避することが可能となった。

つぎに、著者はこれらの知見にもとづき、温室内での自走能力を備えたロボットの開発を行った。ロボットはマニピュレータ、花房検出用カメラ、標識検出用カメラ、噴霧用ポンプ、手動昇降装置、補助 I/O ボード、走行部、ディスプレイ、制御用 PC および電源で構成した。また、草姿の単純な1段栽培を採用することにより、これまで5自由度から7自由度が必要とされたロボットの機構を単純化し、3自由度の直交座標型マニピュレータで噴霧機構を構成した。

さらに、著者は温室内で実際のトマト株を使用し、花房をカメラ側に露出した条件で夜間に着果処理を行い、開発されたロボットと手作業との比較試験を行った。その結果、春作と夏作のいずれの実験結果でもロボットの噴霧成功率は全ての実験区（春作2区、夏作3区、各区24株）で90%を超え、着果率は手作業との間に有意差が無かった。走行時間を含む1花房あたりの平均処理時間は1回目の処理が21.9 s、2回目の処理が8.1 sとなった。この実験結果と積算気温によるトマトの生育モデルを用いたロボットの運用シミュレーションを行った。その結果、夜間のみロボットを動作させることを前提に1ベッドあたり年4作を行うスケジュールを設定した場合、年間25万株の処理能力が得られることが分かった。

以上により、開発した着果処理ロボットは手作業と遜色ない処理精度を持つこと、夜間動作のみでも十分な処理能力が得られることが確認された。

審 査 の 要 旨

本論文は、大規模化、高度化が進む施設園芸分野において未だに手作業で行われているトマトの収穫作業を自動化する前段階として必要な技術開発や、着果処理の自動化を目的としており、収穫ロボットの作業能力の低さという問題に対して、1段栽培の採用、着果処理による熟度の斉一化、房取り収穫という解決策を示したものである。また、本論文が提示した技術は、トマトの省力的な生産体系の確立のみならず、個々の要素技術として他の作物への応用も可能であり、農業用ロボットの実用化と農業生産性の向上に大きく寄与できるものと評価できる。

平成29年1月17日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。